

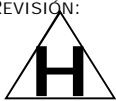






H	SE INCLUYE FRICCIÓN LATERAL Y COEFICIENTE DE BALASTO	16/12/19	MRJ	BB	EB
G	SE AGREGAN PLANILLAS DE RQD Y COMPRESIÓN DE LOS SONDEOS P-04 Y P-05	04/12/19	MRJ	BB	EB
F	INFORME FINAL	25/11/19	MM	BB	EB
E	ENSAYOS MECÁNICOS SOBRE CALICATAS	22/10/19	MM	BB	EB
D	PROFUNDIZACIÓN P04 Y P05	01/10/19	MM	BB	EB
C	RESULTADOS PERFORACIONES EN AGUA	30/08/19	MM	BB	EB
B	ENSAYOS FÍSICOS SOBRE CALICATAS	22/08/19	MM	BB	EB
A	PERFORACIONES EN SUELO Y AGUA	13/08/19	MM	BB	EB
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
COMITENTE:		COMITENTE: CSI INGENIEROS S.A.		ESTUDIO:	
		OBRA:			
		PUENTE SOBRE RÍO NEGRO			
		UBICACIÓN:			
		PICADA DE ORIBE- RÍO NEGRO (ROU)			
DOCUMENTO TIPO:			HOJA:		REVISIÓN:
INFORME GEOTECNICO FINAL			1 DE 41		



	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: H	
		Hoja: 2 de 41	

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>OBJETO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y DE LA OBRA .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>TRABAJOS REALIZADOS.....</b>	<b>5</b>
3.1	CAMPAÑA .....	5
3.1.1	Sondeos.....	5
3.1.2	Calicatas .....	7
3.2	LABORATORIO .....	7
3.2.1	Sondeos.....	7
3.2.2	Calicatas .....	8
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PERFIL GEOTÉCNICO.....</b>	<b>9</b>
4.1	SONDEOS EFECTUADOS EN TIERRA .....	9
4.1.1	Sondeo P-01.....	9
4.1.2	Sondeo P-04.....	9
4.1.3	Sondeo P-05.....	10
4.2	SONDEOS EFECTUADOS EN AGUA .....	11
4.2.1	Sondeo P-02.....	11
4.2.2	Sondeo P-03.....	11
<b>5</b>	<b>COMPRESIÓN NO CONFINADA EN ESPECÍMENES DE ROCA .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>GRANULOMETRÍA .....</b>	<b>12</b>
6.1.1	P-03 (agua) – 1,00[m] de profundidad .....	12
6.1.2	P-03 (agua) – 2,00[m] de profundidad .....	12
<b>7</b>	<b>ENSAYOS EN CALICATAS .....</b>	<b>13</b>
7.1	IDENTIFICACIÓN .....	13
7.2	ENSAYO PROCTOR .....	14
7.3	VALOR SOPORTE E HINCHAMIENTO .....	14
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
8.1	SONDEOS.....	15
8.2	CALICATAS.....	15
<b>9</b>	<b>MODELO GEOMECÁNICO .....</b>	<b>16</b>
9.1	FUNDACIONES DIRECTAS .....	16



	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: H	
		Hoja: 3 de 41	

9.2 FUNDACIONES INDIRECTAS .....	17
9.2.1 Capacidad de carga de la punta .....	17
9.2.2 Tensión admisible en la punta .....	17
9.2.3 Resistencia por fricción .....	17
9.2.4 Resistencia admisible por fricción .....	17
<b>10 TENSIONES ADMISIBLES .....</b>	<b>18</b>
10.1 ALTERNATIVA DE FUNDACIONES DIRECTAS .....	19
10.2 ALTERNATIVA DE FUNDACIONES INDIRECTAS .....	19
10.2.1 Tensiones admisibles de punta .....	19
10.2.2 Tensiones admisibles por fricción .....	21
<b>11 MÓDULO DE DEFORMACIÓN Y COEFICIENTE DE BALASTO .....</b>	<b>22</b>
<b>12 RECOMENDACIONES GENERALES .....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO I: CROQUIS UBICACIÓN SONDEOS .....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO I-1: PLANILLAS SONDEO P-01 .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO I-2: PLANILLAS SONDEO P-02 .....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO I-3: PLANILLAS SONDEO P-03 .....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO I-4: PLANILLAS SONDEO P-04 .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO I-5: PLANILLAS SONDEO P-05 .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO II: PERFIL GEOTÉCNICO .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO III: CROQUIS UBICACIÓN CALICATAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO III-1: PLANILLAS CALICATA 101 .....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXO III-2: PLANILLAS CALICATA 102 .....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO III-3: PLANILLAS CALICATA 103 .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO III-4: PLANILLAS CALICATA 104 .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO III-5: PLANILLAS CALICATA 105 .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO III-6: PLANILLAS CALICATA 106 .....</b>	<b>39</b>

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 4 de 41	

**ANEXO III -7: PLANILLAS CALICATA 107.....40**

**ANEXO III -8: PLANILLAS CALICATA 108.....41**

	OBRA:	ROVEER DATOS DE DISERO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: H	
			Hoja: 5 de 41	

# INFORME GEOTÉCNICO

## PUENTE SOBRE EL RÍO NEGRO

### PICADA DE ORIBE – R. O. U.

#### 1 OBJETO DEL ESTUDIO

- Estudiar las características de los suelos, desde el punto de vista geotécnico, en el lugar de emplazamiento del estudio.
- Determinar tipos de fundación aconsejables, sus características generales y análisis de alternativas.
- Proveer datos de diseño necesarios para el proyecto y dimensionamiento de los tipos de fundación.
- Recomendar detalles constructivos adaptados a las condiciones del suelo.

#### 2 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y DE LA OBRA

Se trata de la ejecución de un puente, ubicado sobre el Río Negro, en la cercanía de la localidad de Picada de Oribe, República Oriental del Uruguay.



#### 3 TRABAJOS REALIZADOS

##### 3.1 CAMPAÑA

##### 3.1.1 SONDEOS

Se efectuaron tres sondeos, identificados como P-01, P-04 y P-05, cuya ubicación se aprecia en el croquis adjunto, de 6,00 a 25,00[m] de profundidad, con la operatoria convencional sobre tierra, como se desprende de las planillas respectivas.

Se efectuaron dos sondeos, identificados como P-02 y P-03, cuya ubicación se aprecia en el croquis adjunto, de 6,00 a 21,00[m] de profundidad, con la operatoria desarrollada en un pontón, sobre el nivel de agua del río, como se desprende de las planillas respectivas.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: H	
		Hoja: 6 de 41	



Identif. Perforación	Coordenadas Geográficas (DATUM WG S84)		Prof. [m]	Tirante De Agua [m]	Prof. Nivel Freático [m]	Cota de Boca [m]
	Latitud	Longitud				
P-01	32° 34' 13,34" S	55° 47' 53,92" W	6,00	--	NO	81,21
P-02	32° 34' 12,13" S	55° 47' 50,61" W	6,00	16,00	--	64,71
P-03	32° 34' 10,93" S	55° 47' 47,32" W	21,00	20,80	--	59,97
P-04	32° 34' 09,73" S	55° 47' 44,03" W	25,00	--	NO	76,14
P-05	32° 34' 08,52" S	55° 47' 40,72" W	19,40	--	NO	83,43

En cada perforación se efectuaron Ensayos de Penetración Normalizada (SPT) metro a metro mediante la hincas de un saca muestras de zapata intercambiable tipo Moretto, con el que se recuperaron testigos, a efectos de evaluar los parámetros de corte de los estratos y su capacidad resistente.

Se obtuvieron además muestras alteradas a efectos de reconstruir la secuencia estratigráfica, mediante ensayos de identificación física.

En mantos rocosos se perforó con corona de diamante, con extracción continua de testigos. Se determinó el índice RQD, que representa el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10[cm] de longitud, sin considerar las roturas del proceso de perforación, con respecto a la longitud total del sondeo; con el cual se obtiene la calidad de la roca.

En las perforaciones efectuadas sobre un pontón también se controló el nivel del tirante de agua.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 7 de 41	

### 3.1.2 CALICATAS

Se efectuaron ocho calicatas, identificadas como 101 a 108, de 0,60[m] a 2,50[m] de profundidad, cuya ubicación se aprecia en el croquis de los anexos.



En cada calicata se tomaron muestras para ensayos de laboratorio, físicos de identificación y mecánicos (Proctor y Valor Soporte).

## 3.2 LABORATORIO

Ensayo de las muestras extraídas para la determinación de las siguientes características físicas:

### 3.2.1 SONDEOS

- Límites de Atterberg LL-LP (s/normas IRAM 10501/68 y 10502/68)
- Humedad natural
- Granulometría (vía húmeda)
- Lavado sobre Tamiz No. 200 (s/norma IRAM 10507/69)
- Densidad seca y húmeda
- Ensayos de compresión triaxial rápidos no drenados escalonados (UU), a fin determinar los valores de cohesión y ángulo de fricción interna  $\phi$ .
- Ensayos de compresión no confinada de especímenes calados en roca (Normas ASTM D-4543; ASTM D-2938).



	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 8 de 41	

### 3.2.2 CALICATAS

- Descripción de suelos mediante análisis tacto visual (IRAM N° 10535/91)
- Límites de Atterberg LL-LP (s/normas IRAM 10501/68 y 10502/68)
- Humedad natural
- Granulometría ( vía húmeda )
- Lavado sobre Tamiz No. 200 (s/norma IRAM 10507/69)
- Ensayos de compactación Proctor Modificado, a fin de determinar los valores de densidad máxima y humedad óptima.
- Ensayos de valor soporte relativo, a fin de determinar el valor soporte dinámico y el hinchamiento.

Todos los ensayos en el terreno y laboratorio se encuentran representados en las planillas correspondientes a cada uno de los sondeos.

En ellos se detallan además los perfiles geotécnicos y la clasificación de los suelos en el Sistema SUCS para las perforaciones, destacando el número de golpes **N** del ensayo de Penetración normalizado, correspondiente a los últimos 30[cm] de un segmento total de 45[cm], y en el sistema Vial o H.R.B. para las calicatas.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: H	
		Hoja: 9 de 41	

#### 4 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL GEOTÉCNICO

**Se analizarán perfiles geotécnicos por separado, de acuerdo a las distintas ubicaciones y métodos.**



##### 4.1 SONDEOS EFECTUADOS EN TIERRA

###### 4.1.1 SONDEO P-01

- En el estrato superior, de 1,00[m], cota 80,21[m], se detectaron arcillas magras CL, de color castaño oscuro. La plasticidad es media (IP de 28%). La consistencia es compacta (N de 8 golpes).
- Por debajo y hasta el final de los sondeos, cota 75,21[m], se encontró el techo de roca sedimentaria, con arenisca, de color castaño y castaño rojizo. Índice R.Q.D. de 0%, calidad de la roca: muy mala. La densificación es muy densa (N > 50 golpes para h < 30 cm).
- El nivel de agua subterránea no fue detectado a la profundidad estudio.



###### 4.1.2 SONDEO P-04

- En el estrato superior, de 1,00[m], cota 75,14[m], se detectaron arenas limosas SM, de color ocre. La densificación es suelta (N de 7 golpes).
- Entre la profundidad anterior y 3,00[m], cota 73,14[m], se hallaron arenas limosas, de color ocre. La densificación es densa a media (N entre 33 y 16 golpes).
- Entre el límite anterior y 9,00[m], cota 67,14[m], se hallaron también arenas limosas, de color grisáceo ocre y ocre. La densificación es suelta a media (N entre 9 y 14 golpes).
- Entre el límite anterior y 18,00[m], cota 58,14[m], se encontraron arenas limosas y arenas pobremente graduadas limosas SP-SM, de color ocre y grisáceo ocre. La densificación es media a densa (N entre 14 y 46 golpes).
- Entre el límite anterior y 25,00[m], cota 51,14[m], se encontró el techo de roca sedimentaria, con arenisca, de color ocre. La densificación es muy densa (N > 50 golpes para h < 30 cm).
- El nivel de agua subterránea no fue detectado a la profundidad estudio.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 10 de 41	

#### 4.1.3 SONDEO P-05

- En el estrato superior, de 1,00[m], cota 82,43[m], se detectaron arenas limosas SM, de color grisáceo. La densificación es suelta (N de 7 golpes).
- Entre la profundidad anterior y 4,00[m], cota 79,43[m], se hallaron arenas limosas y arenas pobremente graduadas limosas SP-SM, de color blancuzco y ocre. La densificación es media (N entre 25 y 16 golpes).
- Entre el límite anterior y 7,00[m], cota 76,46[m], se hallaron arenas limosas, de color ocre y blancuzco. La densificación es media (N entre 13 y 17 golpes).
- Entre el límite anterior y 16,00[m], cota 67,46[m], se encontraron también arenas limosas, de color ocre y amarillento. La densificación es media a muy densa (N entre 28 y > 50 golpes para h < 30 cm).
- Entre el límite anterior y 19,40[m], cota 64,03[m], se encontró el techo de roca sedimentaria, con arenisca, de color ocre. La densificación es muy densa (N > 50 golpes para h < 30 cm).
- El nivel de agua subterránea no fue detectado a la profundidad estudio.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: H	
		Hoja: 11 de 41	



## 4.2 SONDEOS EFECTUADOS EN AGUA

### 4.2.1 SONDEO P-02

- En el estrato superior, de 3,00[m], cota 61,71[m], se detectó roca sedimentaria, arenisca, de color grisáceo. Índice R.Q.D. de 38%, calidad de la roca: mala. La densificación es muy densa (N > 50 golpes, rechazo).
- Por debajo y hasta el final de los sondeos, cota 58,71[m], se encontró roca sedimentaria, arenisca, de color grisáceo. Índice R.Q.D. de 29%, calidad de la roca: mala. La densificación es muy densa (N > 50 golpes, rechazo).
- El nivel del tirante de agua fue de 16,00 m. de profundidad, pelo de agua cota 80,71[m].

### 4.2.2 SONDEO P-03

- En el estrato superior, hasta 7,00[m], cota 52,97 [m], se detectaron arenas pobremente graduadas limosas SP-SM, arenas pobremente graduadas SP y gravas pobremente graduadas GP, de color blancuzco y grisáceo. La densificación es suelta a media (N entre 2 y 12 golpes).
- Entre la profundidad anterior y 10,00[m], cota 49,97[m], se hallaron gravas pobremente graduadas GP, de color blancuzco. La densificación es suelta a media (N entre 9 y 12 golpes).
- Entre el límite anterior y 13,00[m], cota 46,97 [m], se detectaron gravas pobremente graduadas y arcillas magras CL, de color blancuzco. La plasticidad es baja (IP de 17%). La densificación es muy densa media (N entre +50 y 16 golpes) para las gravas, y la consistencia es muy compacta (N de 28 golpes) para las arcillas.
- Por debajo y hasta el final de los sondeos, cota 38,97[m], se encontraron areniscas, gravas pobremente graduadas y arenas limosas SM, de color grisáceo y rojizo, con rodados TM 1 ½". La densificación es muy densa (N > 50 golpes para h < 30 cm).
- El nivel del tirante de agua fue de 20,80 m. de profundidad, pelo de agua cota 80,77[m].

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 12 de 41	

## 5 COMPRESIÓN NO CONFINADA EN ESPECÍMENES DE ROCA

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos.

Sondeo	Profundidad [m]	Tramo	Resistencia a compresión $\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
P-02 (agua)	0,00 – 3,00	Inicial	72,88
P-02 (agua)	0,00 – 3,00	Medio	78,17
P-02 (agua)	0,00 – 3,00	Final	101,09
P-02 (agua)	3,00 – 6,00	Inicial	115,79
P-02 (agua)	3,00 – 6,00	Medio	77,58
P-02 (agua)	3,00 – 6,00	Final	79,35

## 6 GRANULOMETRÍA



A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos.

### 6.1.1 P-03 (AGUA) – 1,00[M] DE PROFUNDIDAD

Malla	2"	1"	¾"	½"	3/8"	4	10	40	100	200
% Pasa	100	100	100	100	100	93	66	17	13	11

### 6.1.2 P-03 (AGUA) – 2,00[M] DE PROFUNDIDAD

Malla	2"	1"	¾"	½"	3/8"	4	10	40	100	200
% Pasa	100	100	100	100	100	94	66	7	4	3



	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 13 de 41	

## 7 ENSAYOS EN CALICATAS

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos.

### 7.1 IDENTIFICACIÓN

Calicata	Profundidad [m]	L.L. %	I.P. %	T200 %	Clasificación	
					S.U.C.S.	H.R.B.
101	0,00 – 0,15	21,4	7,3	47	SC	A4 (0)
	0,15 – 0,40	41,4	21,0	67	CL	A7-6 (12)
	0,40 – 1,50	39,6	23,5	64	CL	A6 (12)
102	0,00 – 0,10	20,4	6,7	38	SM-SC	A4 (0)
	0,10 – 0,50	NP		12	SP-SM	A2-4 (0)
	0,50 – 0,70	NP		20	GM	A1b (0)
	0,70 – 0,80	NP		9	SP-SM	A3 (0)
	0,80 – 1,50	24,6	10,4	52	CL	A6 (2)
	1,50	29,6	15,7	55	CL	A6 (5)
	0,00 – 0,10	21,1	6,5	36	SM-SC	A4 (0)
	0,10 – 0,35	38,7	18,5	67	CL	A6 (11)
103	0,35 – 0,80	33,8	15,2	60	CL	A6 (7)
	0,80 – 1,50	26,2	10,0	49	SC	A4 (2)
104	0,00 – 0,10	21,0	6,8	46	SM-SC	A4 (0)
	0,10 – 0,60	40,7	21,9	62	CL	A7-6 (11)
	0,60 – 1,50	NP		59	ML	A4 (0)
105	0,00 – 0,10	20,4	6,4	37	SM-SC	A4 (0)
	0,10 – 0,40	21,2	6,7	36	SM-SC	A4 (0)
	0,40 – 0,60	25,9	10,2	58	CL	A6 (3)
106	0,00 – 0,40	53,2	23,8	67	MH	A7-6 (16)
	0,40 – 1,30	25,4	8,2	67	CL	A4 (3)
	1,30 – 2,50	25,3	8,9	58	CL	A4 (2)
107	0,00 – 0,60	NP		7	SP-SM	A3 (0)
	0,60 – 1,50	NP		7	SP-SM	A3 (0)
108	0,00 – 0,20	NP		14	GM	A1a (0)
	0,20 – 0,84	NP		8	SP-SM	A3 (0)
	0,84 – 1,50	NP		4	SP	A3 (0)



	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 14 de 41	

## 7.2 ENSAYO PROCTOR

Calicata	Profundidad [m]	Dens. Máx. [gr/cm <sup>3</sup> ]	Hum. Óptima [%]
101	0,40 – 1,50	1,462	30,9
102	0,80 – 1,50	1,428	31,6
103	0,80 – 1,50	2,081	5,2
104	0,60 – 1,50	1,531	27,6
105	0,40 – 0,60	1,628	22,7
106	1,30 – 2,50	1,599	25,0
107	0,60 – 1,50	2,057	5,0
108	0,84 – 1,50	2,069	5,3

## 7.3 VALOR SOPORTE E HINCHAMIENTO

Calicata	Profundidad [m]	Cant. golpes	V.S. pr. [%]	Hinch. pr. [%]
101	0,40 – 1,50	12	0,80	2,70
		25	1,40	2,25
		56	2,00	1,63
102	1,00 – 2,00	12	0,70	2,65
		25	1,40	2,15
		56	2,00	1,63
103	0,80 – 1,50	12	30,9	0,00
		25	72,9	0,00
		56	102,9	0,00
104	0,60 – 1,50	12	1,40	1,60
		25	1,70	1,00
		56	2,00	0,70
105	0,40 – 0,60	12	1,40	0,00
		25	2,70	0,00
		56	3,40	0,00
106	1,30 – 2,50	12	1,70	1,20
		25	2,00	0,80
		56	2,30	0,55
107	0,60 – 1,50	12	32,1	0,00
		25	77,9	0,00
		56	105,1	0,00
108	0,84 – 1,50	12	35,9	0,00
		25	61,3	0,00
		56	102,7	0,00

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 15 de 41	

## 8 CONCLUSIONES

### 8.1 SONDEOS



El perfil geotécnico es apto para la fundación de la obra proyectada.

### 8.2 CALICATAS

Los valores de densidad, determinada con el ensayo Proctor, aumentan, de bajos para "102" 1,428[gr/cm], a altos para "103" 2,081[gr/cm<sup>3</sup>]. Las humedades óptimas disminuyen, de altas 31,6% para "102", a bajas 5,0% para "107".

Las características mecánicas se consideran desfavorables para las calicatas 101-102-104-105-106, en función de los resultados de los ensayos de valor soporte: V.S.min=2,0% - V.S.máx.=3,4%, en tanto que el hinchamiento resulta entre 0,55 a 1,63%.

Las características mecánicas se consideran favorables para calicatas 103-107-108, en función de los resultados de los ensayos de valor soporte: V.S.min=102,7% - V.S.máx.=105,1%, en tanto que el hinchamiento resulta nulo.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 16 de 41	

## 9 MODELO GEOMECÁNICO

### 9.1 FUNDACIONES DIRECTAS

Las tensiones admisibles se han calculado en base a la fórmula de capacidad de carga última de Terzaghi, para cimentaciones cuadradas con carga vertical centrada:

$$q_u = 1.2cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Donde

$c$  = cohesión

$q$  = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

$\gamma$  = peso específico del suelo

$B$  = ancho de la cimentación

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga fueron obtenidos aplicando las siguientes expresiones:



$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} \quad (\text{Reissner})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi \quad (\text{Prandtl})$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi \quad (\text{Vesic})$$

Los valores de los parámetros de corte ( $c$  y  $\varphi$ ) fueron obtenidos a partir de ensayos triaxiales, o de tablas en función del tipo de suelos.

En este caso particular los valores de las tensiones admisibles se han obtenido para una profundidad fundación de 1,50[m], base cuadrada y factor de seguridad  $FS = 3$ . Cabe destacar que se desprecia el último término de la fórmula por desconocerse el ancho de la base.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: H	
		Hoja: 17 de 41	

## 9.2 FUNDACIONES INDIRECTAS

### 9.2.1 CAPACIDAD DE CARGA DE LA PUNTA

La capacidad de carga de punta se estimó de acuerdo al método de Brinch Hansen:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c N_c^* + \sigma'_0 N_\sigma^*) S_c D_c$$

$$q_p = (c N_c^* + \sigma'_0 N_\sigma^*) S_c D_c$$

Donde

$\sigma'_0$  = esfuerzo (efectivo) normal medio del terreno al nivel de la punta del pilote

$N_c^*$ ,  $N_\sigma^*$  = factores de capacidad de carga

$S_c$  = factor de forma

$D_c$  = factor de profundidad

### 9.2.2 TENSIÓN ADMISIBLE EN LA PUNTA

La tensión admisible  $q_{adm}$  se obtiene dividiendo el valor calculado de  $q_p$  por un factor de seguridad FS = 3.

$$q_{p adm} = \frac{q_p}{FS} = \frac{q_p}{3}$$

### 9.2.3 RESISTENCIA POR FRICCIÓN

Para la determinación de la resistencia por fricción se utilizó la siguiente ecuación:

$$f = 0,025(10)^{1,5} D_r^4 [kg/cm^2]$$



$f$  = resistencia unitaria por fricción

$D_r$  = densidad relativa de un suelo no cohesivo

### 9.2.4 RESISTENCIA ADMISIBLE POR FRICCIÓN

La resistencia admisible por fricción se calculó usando un factor de seguridad FS=3.

$$f_{adm} = \frac{f}{FS} = \frac{f}{3}$$



	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 18 de 41	

## 10 TENSIONES ADMISIBLES

Puede aceptarse que las perforaciones admiten un área de influencia (sector o rango de acción) de aproximadamente 30,00[m] de radio.

SONDEO	RADIO DE INFLUENCIA (ENTRE PROGRESIVAS)
P-01	2+750 A 2+810
SECTOR 1-2	2+810 A 2+844
P-02	2+844 A 2+904
SECTOR 2-3	2+904 A 2+938
P-03	2+938 A 2+998
SECTOR 3-4	2+998 A 3+031
P-04	3+031 A 3+091
SECTOR 4-5	3+091 A 3+126
P-05	3+126 A 3+186

Para el empotramiento de los pilotes en el suelo portante, se ha tenido en cuenta que debe ser lo suficientemente importante como para quedar fuera de la zona de peligro de socavación de cada pila, de acuerdo a los resultados del informe 20191016 de CSI Ingenieros.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 19 de 41	

### 10.1 ALTERNATIVA DE FUNDACIONES DIRECTAS

Se consideran fundaciones "superficiales" o directas, mediante bases proyectadas de acuerdo a los siguientes datos de diseño:

SONDEO	COTA	PROF.	N	TENSIÓN ADMISIBLE $q_{adm}$	COEFICIENTE DE BALASTO "K"	RADIO DE INFLUENCIA (ENTRE PROGRESIVAS)
	[m]	[m]		[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>3</sup> ]	
P-01	79,15	2,00*	50	5,00	30,00	2+750 A 2+810



\*0,60[m] de penetración en la roca

### 10.2 ALTERNATIVA DE FUNDACIONES INDIRECTAS

#### 10.2.1 TENSIONES ADMISIBLES DE PUNTA

Se adoptan fundaciones "indirectas" o profundas, mediante pilotes, proyectados de acuerdo a los siguientes datos de diseño:

SONDEO	COTA	PROF.	PENETRACIÓN EN LA ROCA	TENSIÓN ADMISIBLE DE PUNTA
	[m]	[m]	[m]	[t/m <sup>2</sup> ]
P-01	75,81	5,40	4,00	250
P-01	74,81	6,40	5,00	280
SECTOR 1-2			4,00	250
SECTOR 1-2			5,00	280
P-02	60,71	4,00	4,00	250
P-02	59,71	5,00	5,00	280
SECTOR 2-3			4,00	250
SECTOR 2-3			5,00	280



	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 20 de 41	

SONDEO	COTA	PROF.	PENETRACIÓN EN LA ROCA	TENSIÓN ADMISIBLE DE PUNTA
	[m]	[m]	[m]	[t/m <sup>2</sup> ]
P-03	42,47	17,50	4,00	250
P-03	41,47	18,50	5,00	280
SECTOR 3-4			4,00	250
SECTOR 3-4			5,00	280
P-04	54,14	22,00	4,00	315
P-04	53,14	23,00	5,00	340
SECTOR 4-5			4,00	315
SECTOR 4-5			5,00	340
P-05	63,03	20,40	4,00	315
P-05	62,03	21,40	5,00	340

En los sectores 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5 se adoptan las menores tensiones admisibles correspondientes a los sondeos aledaños.



El diámetro de pila utilizado es de dos metros, para diámetros menores, la tensión es levemente mayor, por lo que se puede utilizar el mismo valor.

Es imprescindible que la maquinaria utilizada para perforar la roca sea capaz de lograr las penetraciones indicadas en la tabla para poder asegurar las tensiones admisibles de punta indicadas.

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 21 de 41	

## 10.2.2 TENSIONES ADMISIBLES POR FRICCIÓN

SONDEO	COTA	PROF.	TENSIÓN ADMISIBLE POR FRICCIÓN
	[m]	[m]	[t/m <sup>2</sup> ]
P-01	79,81 a 75,21	1,40 a 6,00	1,00
SECTOR 1-2		1,40 a 6,00	1,00
P-02	64,71 a 58,71	0,00 a 6,00	1,50
SECTOR 2-3		13,00 a 21,00	1,00
P-03	46,97 a 38,97	13,00 a 21,00	1,00
SECTOR 3-4		11,00 a 13,00	0,10
SECTOR 3-4		13,00 a 15,00	0,39
SECTOR 3-4		15,00 a 17,00	0,50
SECTOR 3-4		17,00 a 19,00	0,88
SECTOR 3-4		19,00 a 25,00	1,00
P-04	65,14 a 63,14	11,00 a 13,00	0,10
P-04	63,14 a 61,14	13,00 a 15,00	0,39
P-04	61,14 a 59,14	15,00 a 17,00	0,50
P-04	59,14 a 57,14	17,00 a 19,00	0,88
P-04	57,14 a 54,14	19,00 a 22,00	1,50
P-04	54,14 a 51,14	22,00 a 25,00	1,00
SECTOR 4-5		11,00 a 13,00	0,10
SECTOR 4-5		13,00 a 14,00	0,11
SECTOR 4-5		14,00 a 15,00	0,39
SECTOR 4-5		15,00 a 17,00	0,50
SECTOR 4-5		17,00 a 19,40	0,88
P-05	80,43 a 76,43	3,00 a 7,00	0,09
P-05	76,43 a 71,43	7,00 a 12,00	0,21
P-05	71,43 a 69,43	12,00 a 14,00	0,11
P-05	69,43 a 68,43	14,00 a 15,00	0,47
P-05	68,43 a 67,03	15,00 a 16,40	1,00
P-05	67,03 a 64,03	16,40 a 19,40	1,50

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 22 de 41	

## 11 MÓDULO DE DEFORMACIÓN Y COEFICIENTE DE BALASTO

Para la determinación de los coeficientes de balasto vertical  $K_V$  y horizontal  $K_H$  deberán considerarse las siguientes fórmulas:

### Coeficiente $K_V$

Base rectangular:  $K_V = 1.33 \frac{E_0}{\sqrt[3]{LB^2}}; L \geq B$

Base circular:  $K_V = 1.57 \frac{E_0}{D}$

### Coeficiente $K_H$

Fuste rectangular:  $K_H = 0.75 \frac{E_0}{B}; L \geq B$



Fuste circular:  $K_H = 0.75 \frac{E_0}{D}$

$E_0$  = módulo de deformación del suelo



$B$  = ancho de la base

$L$  = lado mayor de la base;  $L \geq B$

$D$  = diámetro de la base circular

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 23 de 41	

Sondeo	Profundidad [m]	Módulo de Elasticidad [kg/cm <sup>2</sup> ]
<b>P-01</b>	1,00 a 4,00	192
<b>P-01</b>	4,00 a 6,00	768
<b>P-02</b>	0,00 a 3,00	319
<b>P-02</b>	3,00 a 6,00	1277
<b>P-03</b>	13,00 a 15,00	319
<b>P-03</b>	15,00 a 18,00	958
<b>P-03</b>	18,00 A 21,00	1915
<b>P-04</b>	13,00 a 17,00	317
<b>P-04</b>	17,00 a 20,00	1210
<b>P-04</b>	20,00 a 25,00	3192
<b>P-05</b>	5,00 a 7,00	163
<b>P-05</b>	7,00 a 14,00	448
<b>P-05</b>	14,00 a 16,00	1440
<b>P-05</b>	16,00 a 19,00	4469

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 24 de 41	

## 12 RECOMENDACIONES GENERALES

- Los pilotes se efectuarán en forma mecánica, y se extremarán las precauciones sobre posibles derrumbes.

Se extremarán los controles de los pilotes durante la ejecución en cuanto a:

- Perfecto replanteo del eje del pilote (evitar excentricidades).
- Perfecta verticalidad de la excavación (evitar inclinación).
- Perfecto centrado de las armaduras colocando separadores (evitar armaduras sin recubrimientos).

Se convendrán términos contractuales con:

- El subcontratista de pilotes en cuanto a cualquier defecto ejecutivo del mismo, sean derrumbes, cortes, desviaciones, insuficiente presión de precarga, limitación del exceso de hormigón respecto al volumen teórico o nominal, etc.

Las relaciones dimensionales (aproximadas) entre el pilote nominal y el real ejecutado no podrán superar los valores indicados a continuación:



Suelo	$D_1 / D_0$	$V_1 / V_0$	$\Delta V / V_0$
Cohesivo compacto	1,05 a 1,10	1,10 a 1,15	0,10 a 0,15
Cohesivo blando o suelo mixto	1,10 a 1,15	1,15 a 1,20	0,15 a 0,20
Granular denso	1,10 a 1,25	1,15 a 1,30	0,15 a 0,30
Granular medio o suelto	1,15 a 1,35	1,20 a 1,40	0,20 a 0,40
Rellenos sanitarios (basurales, etc.)	1,25 a 1,40	1,30 a 1,45	0,30 a 0,45

Donde

$D_0$  y  $V_0$  corresponden al pilote nominal o teórico.



$D_1$  y  $V_1$  corresponden al pilote ejecutado real.

Las relaciones exactas  $\Delta V / V_0$  se determinarán con las dimensiones teóricas (según planos) y las reales del consumo de hormigón (según control de obra).

	OBRA: PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
		Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL	Rev: <b>H</b>	
		Hoja: 25 de 41	



A partir del estudio de suelos y de la ejecución del primer pilote, se adoptarán medidas constructivas que tiendan a minimizar esta relación, tales como encamisado superior, aumento de la densidad del lodo bentonítico, exceso columna de agua interior, etc.

- Con el proveedor de hormigón en cuanto a: dosajes, asentamientos, equipos de transportes (mixers) y llegada a tiempo en la secuencia del hormigonado del pilote.

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 26 de 41	



## ANEXO I : CROQUIS UBICACIÓN SONDEOS

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 27 de 41	



## ANEXO I -1: PLANILLAS SONDEO P-01

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 28 de 41	



## ANEXO I -2: PLANILLAS SONDEO P-02

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 29 de 41	



## ANEXO I -3: PLANILLAS SONDEO P-03

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 30 de 41	



## ANEXO I -4: PLANILLAS SONDEO P-04

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 31 de 41	



## ANEXO I -5: PLANILLAS SONDEO P-05

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 32 de 41	



## ANEXO II : PERFIL GEOTÉCNICO

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 33 de 41	



## ANEXO III: CROQUIS UBICACIÓN CALICATAS

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 34 de 41	



## ANEXO III-1: PLANILLAS CALICATA 101

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 35 de 41	



## ANEXO III-2: PLANILLAS CALICATA 102

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 36 de 41	



## ANEXO III-3: PLANILLAS CALICATA 103

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 37 de 41	



## ANEXO III-4: PLANILLAS CALICATA 104

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 38 de 41	



## ANEXO III-5: PLANILLAS CALICATA 105

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 39 de 41	



## ANEXO III-6: PLANILLAS CALICATA 106

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 40 de 41	

## ANEXO III-7: PLANILLAS CALICATA 107

---

	OBRA:	PUENTE SOBRE RÍO NEGRO	Fecha: 16/12/19	
			Nº estudio: --	
	INFORME GEOTÉCNICO FINAL		Rev: <b>H</b>	
			Hoja: 41 de 41	

## ANEXO III-8: PLANILLAS CALICATA 108

---